

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

**JESSICA DE ALMEIDA ROGER**

**RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE MARACUJÁ AZEDO**  
*(Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deneger)* **SUBMETIDAS À RESTRIÇÃO HÍDRICA**

Vitória – ES

2011

**JESSICA DE ALMEIDA ROGER**

**RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE MARACUJÁ AZEDO**  
**(*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deneger) SUBMETIDAS À RESTRIÇÃO HÍDRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal, Área de Concentração: Fisiologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Rogério Faustini Cuzzuol

Co-orientador: Prof<sup>a</sup> Dra. Camilla Rozindo Dias Milanez

Vitória – ES

2011

Agradeço a Deus por todas as  
bênçãos alcançadas e a toda  
minha família pelo apoio

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por, nesta vida, me oferecer todas as oportunidades de ter família e amigos maravilhosos;

Aos meus orientadores, Geraldo Rogério Faustini Cuzzuol e Camilla Rozindo Dias Milanez que me guiaram pelo caminho rumo ao conhecimento;

Ao professor Marco Antonio Galeas Aguilár pela imensa ajuda na construção do conhecimento;

A todos os professores do curso de mestrado em Biologia Vegetal, pelo conhecimento repassado;

Aos meus companheiros de mestrado que me ajudaram a seguir na luta;

Ao pesquisador Inorbert de Melo Lima pesquisador do Incaper, pelos conselhos, ensinamentos e pela amizade.

A professora Renata Venturim Fontes, pela incansável vontade de ensinar e principalmente pela amizade.

Ao Ricardo Oliveira Celestino, secretário do Programa de pós Graduação, pelas horas despendidas para encontrar todas as soluções necessárias.

Ao professor Fabio Da Matta, do Laboratório de Fisiologia Vegetal-UFV Universidade Federal Viçosa onde foram realizadas as análises de carboidratos.

Ao doutorando do Programa de Pós Graduação em Fisiologia Vegetal-UFV, Leandro Elias Morais, pelo treinamento de extração e quantificação de carboidratos.

Ao Laboratório de Química de Proteínas da UFES, em nome da Professora Dra Suely Figueiredo e do aluno Thiago Menezes, pela colaboração na liofilização das amostras.

Ao apoio financeiro e logístico do Projeto Casadinho UFES-UFV, financiado pelo CNPQ.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa durante todo período do mestrado;

## RESUMO

*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener, conhecida como maracujá-azedo ou maracujá-amarelo, é uma espécie de grande interesse comercial e está em franca expansão no Pólo Norte de fruticultura do estado do Espírito Santo. Durante o ano essa região apresenta períodos de estiagem que podem ocasionalmente levar à deficiência hídrica no solo, afetando o crescimento e, conseqüentemente a qualidade dos frutos. Atualmente, poucos estudos têm sido realizados com maracujazeiro a respeito das respostas fisiológicas quanto ao metabolismo associado ao estresse hídrico. Assim, é de suma importância a determinação de plantas tolerantes ao déficit hídrico. Objetivou-se avaliar o comportamento morfofisiológico de plantas jovens de maracujazeiro cv. FB-200 Yellow Master sob restrição hídrica. As plantas foram submetidas a três regimes hídricos: irrigação constante (controle), suspensão hídrica intermitente durante 30 dias e reidratação das plantas sob suspensão hídrica. Foram realizadas análises do crescimento, extração e quantificação dos carboidratos solúveis e amido, análise anatômica em folhas completamente expandidas, além da avaliação nutricional de folhas aos 30 dias de suspensão hídrica. As plantas submetidas à restrição hídrica mostraram menores valores de altura, área foliar, massa seca total, taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida quando comparadas ao controle. Após a reidratação, o crescimento foi retomado chegando a superar as plantas controle. Em relação à concentração de carboidratos, as plantas sob restrição hídrica mostraram menores valores de glicose, frutose, sacarose e amido, em relação ao controle. A análise da anatomia das folhas revelou que, após o período de 20 dias de reidratação hídrica, as folhas novas emitidas apresentaram estômatos menores e redução na espessura do parênquima paliçádico e esponjoso. Os resultados obtidos mostram notável plasticidade do maracujazeiro FB 200 quanto à restrição hídrica a curto-médio prazo.

**Palavras-chave:** Passifloraceae, crescimento, carboidratos, anatomia foliar, reidratação.

## Abstract

*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener, known as sour passion fruit or passion fruit, is a species of great commercial interest is booming at the North Pole the fruit of the state of Espirito Santo. During the year this region is dry periods, occasionally in soil water deficiency, affecting growth and consequently the quality of fruits. Currently, few studies have been conducted with passion about the physiological responses regarding metabolism associated with water stress. It is therefore of paramount importance in determining plant tolerance to water deficit. The objective was to evaluate the behavior and anatomical morphophysiological young plants of passionfruit cv. FB-200 Yellow Master and under water restriction. The plants were subjected to three water regimes: constant irrigation (control), intermittent water suspension for 30 days and rehydration of plants under water suspension. At the end of the experiment, water suspension, were analyzed for growth, extraction and quantification of soluble carbohydrates and starch, anatomical analysis in fully expanded leaves, and nutritional assessment of leaves at 30 days of suspension fluid. Plants subjected to water stress showed a decrease in the control relationships in height, leaf area, total dry mass, relative growth rate and net assimilation rate. After rehydration was resumed growth surpassing the control plants. Regarding soluble carbohydrates and starch was observed to decrease from the control plants the concentration of sucrose, fructose and glucose during water restriction and a subsequent rise after rehydration. The analysis of the anatomy of the leaves showed that after a period of 20 days of rehydration fluid, issued the new leaves had reduced stomatal density, stomatal size and thickness of tissue chlorophyll. Thus, one can observe a remarkable plasticity of passion FB 200 as fluid restriction to the short-medium term.

Keywords: Passifloraceae, growth, carbohydrates, leaf anatomy, rehydration.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Avaliações do crescimento de plantas de maracujazeiro submetidas à restrição hídrica. Área foliar (A), altura (B), massa seca total – MST (C), razão área foliar – RAF (D), razão raiz: parte área – R:PA (E) e massa foliar específica (F). As barras verticais representam o erro padrão (n=6) e diferenças significativas entre os tratamentos ao nível de \*P=5%, \*\*P=1% .....32

Figura 2: Alocação de biomassa no caule, raiz e folhas de plantas de maracujazeiro sob restrição hídrica.....33

Figura 3: Espessura dos tecidos da lâmina foliar de plantas de maracujazeiro controle e após 20 dias de reidratação. As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de [Tukey](#) a 5% de probabilidade.....34

Figura 4: Fotomicrografias da lâmina foliar de plantas de maracujazeiro controle (A e C) e após a reidratação (B e D). A-B. Vista paradérmica (Barras: 45 µm). C-D. Secções transversais (Barras: 50 µm) .....35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Efeito da restrição hídrica e reidratação na taxa de crescimento relativo (TCR) e na taxa assimilatória líquida (TAL) em plantas de maracujazeiro.....36

Tabela 2: Valores médios dos açúcares solúveis avaliados em folhas das plantas de maracujazeiro em condições: controle, submetidas a 20 dias de restrição hídrica e após 20 dias de reidratação.....37

Tabela 3 Valores da análise de macronutrientes ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg.Kg}^{-1}$ ) em folhas de plantas jovens de maracujazeiro, aos 20 dias de restrição hídrica.....38

Tabela 4: Densidade estomática ( $\text{estômatos.mm}^{-2}$ ), diâmetro polar e diâmetro equatorial dos estômatos em folhas de plantas de maracujá controle e após 20 dias de reidratação.....39



## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO .....	10
2.OBJETIVO GERAL.....	14
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
4.MATERIAL E MÉTODOS .....	15
4.1- Material vegetal e condições de crescimento .....	15
4.2-Análise de crescimento.....	15
4.3- Análise de carboidratos .....	16
4.4- Determinação dos macro e micronutrientes foliares .....	16
4.5 - Estudo anatômico .....	17
4.6- Delineamento experimental e Análise estatística.....	18
5 - Resultados e discussão .....	19
5.1-Análise de crescimento:.....	19
5.2- Carboidratos: .....	20
5.3-Nutrientes: .....	21
5.4-Anatomia .....	22
6. CONCLUSÃO.....	24
7.REFERÊNCIAS .....	24

## 1.INTRODUÇÃO

O maracujá-azedo ou maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) é uma planta tipicamente tropical. Em função da sua plasticidade edafoclimática, pode ser cultivada em quase todas as regiões subtropicais e, também, em algumas regiões de clima temperado, sendo uma frutífera amplamente conhecida no Brasil e no mundo (Andrade & Andrade 2004). *P. edulis* pertence à família Passifloraceae que apresenta ampla diversificação e tem como representantes no Brasil dois gêneros, *Dilkea* e *Passiflora*, havendo no ultimo 465 espécies (Lopes, 1994; Vanderplank, 2000).

No Brasil, as espécies *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener (maracujá azedo ou maracujá amarelo), *Passiflora edulis* Sims f. *edulis* (maracujá roxo) e *Passiflora alata* Dryand (maracujá doce) são responsáveis por 90% da produção de frutos. Dessas três, a primeira espécie é a mais difundida e é responsável por, aproximadamente, 95% da área cultivada. Além disso, possui frutos mais vigorosos e se adapta melhor a diferentes tipos de solo (Souza & Meletti, 1997).

O maracujazeiro caracteriza-se por ser uma planta trepadeira de rápido crescimento. O caule é lenhoso na base e herbáceo no ápice, podendo chegar a 10 m de altura. O sistema radicular pode atingir entre 30-60 cm de profundidade e os frutos possuem na coloração amarela na casca quando maduro (Meletti & Maia, 1999; Vasconcelos, 2007). Suas flores são hermafroditas e de fecundação cruzada. Floresce, frutifica e matura durante o ano todo, dependendo das condições climáticas (Texeira et al., 1994).

Nas regiões tropicais, a produção de maracujá ocorre continuamente ao longo do ano (Castro & Kluge, 1998). O fruto do maracujá-amarelo possui sabor e aroma característicos, apreciados no mundo inteiro, o que confere ao suco elevado valor comercial (Meletti, 2001). Além disso, possui um apelo ornamental devido às flores com características únicas muito apreciadas pelo mercado e ainda um apelo medicinal, referentes às propriedades farmacoterapêuticas dos frutos (Souza & Meletti, 1997; Meletti & Maia, 1999).

A comercialização do maracujá ganhou destaque internacional e visibilidade econômica, devido à grande contribuição para o agronegócio. O Brasil é o primeiro produtor mundial de maracujá e, nos últimos anos, apresentou aumento de 60% na sua produção, que está concentrada nos Estados da Bahia, Espírito Santo, São Paulo, Minas Gerais, Sergipe, Pará, Ceará e Rio de Janeiro (IBGE, 2009). As áreas de cultivo do maracujazeiro ocupam, aproximadamente, 1500 hectares no território do Espírito Santo, com uma produção estimada em 42 mil toneladas/ano (IBGE, 2009).

Segundo Souza et al. (2003), no estado do Espírito Santo, a comercialização do maracujá possui grande destaque na sua economia, criando empregos no âmbito rural e urbano. Desde 2003, a Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG), realiza no Espírito Santo o estabelecimento de Pólos de Frutas, com o intuito de direcionar a produção frutífera para os locais de melhor aptidão edafoclimáticas. A proposta do Governo do Estado do Espírito Santo, para os próximos anos, é garantir a sustentabilidade do agronegócio maracujá, com ampliação da área plantada, incremento na produtividade e na qualidade da fruta produzida (SEAG, 2010). No entanto, é de suma relevância levar em consideração as condições ambientais, como a disponibilidade de água, que influencia o florescimento, a produtividade e a qualidade dos frutos (Menzel et al., 1986).

A disponibilidade hídrica no Estado do Espírito Santo apresenta grandes instabilidades anuais, fator preocupante para os agricultores que dependem das chuvas para diminuir as perdas agrícolas em diversas culturas (SEAG, 2010). A quantidade de chuvas no período entre 01 de novembro de 2009 e 11 de fevereiro de 2010 foi muito menor do que a média histórica para o mesmo período, levantando, assim, questionamentos do quanto é prejudicial a limitação hídrica para a agricultura.

A cultura do maracujá apresenta baixa resistência à restrição hídrica e ao encharcamento do solo (Carvalho et al. 2000; Miranda & Pires, 2001; Souza 2005), necessitando de um consumo alto de água para produtividade máxima da cultura. Já foi relatado por Menzel et al. (1986) que a restrição de água provocou prejuízos no crescimento vegetativo como diminuição da área foliar, comprimento dos ramos, produção de flores, tamanho dos frutos e na quantidade de polpa. Outros autores

também evidenciaram a importância da disponibilidade hídrica no solo tanto no crescimento como na garantia de sucesso da produção de frutos (Martins 1998; Carvalho et al. 2000; Souza et al. 2003). A supressão hídrica do solo pode ocasionar, também, prejuízos na absorção e acúmulo de nutrientes na parte-aérea das plantas (Malavolta, 2006).

O menor crescimento das plantas associado à baixa disponibilidade de água no solo afeta diretamente, a dinâmica de absorção e assimilação de  $\text{CO}_2$  e, conseqüentemente, o rendimento fotossintético. Este desequilíbrio é causado pelo fechamento estomático, reduzindo, assim, a concentração de  $\text{CO}_2$  intercelular (Mariano, 2009).

Em resposta às condições adversas impostas por fatores ambientais tais como a disponibilidade de água, diferentes espécies vegetais têm desenvolvido fascinantes estratégias adaptativas (Lambers et al. 1998; Larcher 2004). Podemos citar o acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos, permitindo a manutenção da turgescência celular e, conseqüentemente, o funcionamento adequado das rotas metabólicas em deficiência hídrica. Segundo Moraes (2002), durante o processo de regulação osmótica, a sacarose tem um papel de destaque em plantas de melão sob deficiência hídrica. Isto ocorre devido à sacarose ser o açúcar translocado em maior quantidade na planta, sendo, também, o principal produto da fixação do  $\text{CO}_2$ .

Outros açúcares, como frutose e glicose também participam dos mecanismos de ajuste osmótico (Sharma et al., 2005). Os açúcares, além de participarem dos mecanismos de manutenção da turgescência, funcionam como reservas de carbono, por serem substrato ao metabolismo celular na retomada do crescimento, após o restabelecimento hídrico. Este aumento no teor de carboidratos solúveis e turgescência celular podem contribuir na abertura mínima dos estômatos e, assim, permitir o crescimento da planta, mesmo em condições adversas (Carvalho, 2000).

Além das modificações na fisiologia, as plantas tolerantes a deficiência hídrica podem apresentar alterações morfológicas, como aumento da espessura da folha, redução da área foliar, aumento do número de estômatos por área e espessura da cutícula (Dickison, 2000; Batista et al., 2010). O incremento na biomassa total do sistema radicular e do parênquima clorofiliano são alterações que ocorrem na tentativa

de contornar um eventual estresse, que pode vir afetar o maquinário fotossintético e, conseqüentemente, prejudicar o desenvolvimento da planta (Lambers et al. 1998; Calbo & Moraes, 2000).

Na tentativa de melhor elucidação dos mecanismos fisiológicos em resposta ao estresse ambiental, tem-se utilizado índices fisiológicos que permitam avaliar respostas a determinado tipo de estresse. Os mais utilizados são a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa de assimilação líquida (TAL), a razão de área foliar (RAF), razão raiz:parte aérea e a alocação de biomassa definida como valor fracionado da razão de massa foliar (RMF), razão de massa caulina (RMC) e razão de massa radicular (RMR) (Lambers et al., 1998; Benincasa, 2003). Dessa forma, a análise de crescimento se apresenta como uma importante ferramenta na avaliação da relação planta e ambiente. É altamente empregada nas ciências agrárias para quantificar o crescimento vegetal, representando o primeiro suporte na avaliação da produção primária. Além disso, a análise do crescimento é um método prático para avaliar o comportamento ecofisiológico, uma vez que não necessita de equipamentos sofisticados (Benincasa, 2003).

Assim, avaliações fisiológicas e anatômicas em plantas de maracujazeiro, submetidas à suspensão hídrica, podem ajudar a esclarecer alguns mecanismos de resposta relacionados ao estresse e, contribuir para o desenvolvimento de técnicas de manejo de culturas irrigadas. Um manejo mais adequado e racional da irrigação pode promover uma uniformização da floração e maturação homogênea dos frutos, minimizando assim, os custos de produção e agregando maior valor à qualidade do fruto.

Baseado nas informações citadas anteriormente, hipotetizamos que a espécie *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Dagener cultivar FB200 seja tolerante à deficiência hídrica a curto e médio prazo. Hipotetizamos ainda, que a espécie seja capaz de se retomar rapidamente, o crescimento e o metabolismo celular, após a reidratação.

## **2.OBJETIVO GERAL**

Avaliar o comportamento fisiológico e morfológico do maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavinocarpa* Degenes) cultivar FB200 – “Yellow Master” em condição de suspensão hídrica e após a sua reidratação.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Avaliar os efeitos da restrição hídrica no crescimento do maracujá-azedo cv. FB 200;
- ❖ Analisar a concentração dos carboidratos solúveis (sacarose, glicose e frutose) e de amido em folhas sob diferentes regimes hídricos;
- ❖ Verificar o perfil nutricional das folhas das plantas submetidas à restrição hídrica;
- ❖ Analisar a anatomia foliar de plantas de maracujá-azedo cv. FB 200 ao final do período de reidratação;

## **4.MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1- Material vegetal e condições de crescimento**

O experimento foi instalado em junho de 2010 em casa de vegetação localizada no campus de Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo/UFES (20°18'52''S e 40°19'06''W). Foram utilizadas plantas de *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener cv. FB200 – “Yellow Master” com 80 dias, fornecida pelo Viveiro Sobradinho localizado em Sooretama-ES. As mudas com aproximadamente 30 cm de altura, foram transplantadas para vasos com capacidade de 10 L contendo substrato constituído de terra e areia na proporção 2:1 e adubadas com 50g de Adubo de liberação lenta (Osmocot®) na proporção de 19:6:10 de NPK.

As plantas foram mantidas em casa de vegetação sob temperatura ( $27 \pm 2$  °C) e fotoperíodo ( $11 \pm 1$  h.) natural. A radiação fotossintética ativa dentro da casa de vegetação durante o experimento foi de  $310 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Após 20 dias de aclimação, as plantas com 80 cm e número médio de 12 folhas foram selecionadas para compor o experimento. As plantas foram divididas em: plantas controle (irrigação a cada dois dias) e plantas sob restrição hídrica intermitente (sem nenhuma irrigação). Posteriormente, aos 30 dias, as plantas que estavam sob restrição hídrica foram reidratadas por 20 dias.

### **4.2-Análise de crescimento**

Foram realizadas medidas de altura, matéria fresca e seca dos órgãos aéreos e raiz, número de folhas e área foliar total aos 0, 20, 30, 50 e 70 após o início do experimento. A massa seca foi determinada após a secagem do material em estufa a 50°C até a obtenção da massa constante. A área foliar (AF) foi determinada no analisador de imagem Area Mater da LI-COR 3100C, Nebraska. Com esses dados foram calculadas

a massa foliar específica ( $MFE = MFF/AF$ ), área foliar específica ( $AF = AF/MF$ ), a taxa de crescimento relativo ( $TCR, (LnM_2 - LnM_1)/(t_2 - t_1)$ ), taxa assimilatória líquida ( $TAL, [(LnA_2 - LnA_1)/(A_2 - A_1)] * [(M_2 - M_1)/(t_2 - t_1)]$ ), razão de área foliar ( $RAF, AF/MST$ ), razão raiz:parte aérea, razão de massa foliar ( $RMF, MFF/MT$ ), caulinar ( $RMC, MFC/MST$ ) e radicular ( $RMR, MFR/MST$ ) segundo Hunt (1982) onde,  $MT$  = massa seca total,  $MFF$  = massa fresca folha,  $MFC$  = Massa Fresca Caule,  $MFR$  = Massa Fresca Raiz  $AF$  = Área foliar,  $M_2$  = massa de matéria seca atual,  $M_1$  = massa de matéria seca inicial,  $A$  = área foliar total,  $A_2$  = área foliar atual,  $A_1$  = área foliar inicial,  $t_2 - t_1$  = intervalo de tempo entre duas coletas,  $Ln$  = logaritmo natural.

#### **4.3- Análise de carboidratos**

Folhas totalmente expandidas localizadas no 4º nó das plantas controle e sob restrição hídrica tratado foram coletadas aos 0, 20 dias sob restrição hídrica e 20 dias após a reidratação. Os tecidos foliares foram liofilizados e macerados em um disruptor celular com auxílio de esferas de metal de 3,2 mm (Mini-Bead beater-96, Bio Spec Products, Bartlesville, OK, EUA). Deste, tomou-se 10 mg de tecido em pó, ao qual foi adicionado 1 mL metanol 100 % (v/v), homogenizado (vortex) e seguido de incubação em banho a seco (70 °C, 60 min), seguido de centrifugação (13000 g, 5 min).

Posteriormente, amostras (600 µl) do sobrenadante foram utilizadas na extração de açúcares e o pellet armazenado a -20°C para a determinação de amido. Na fração solúvel em metanol foi determinada, enzimaticamente, as concentrações de glicose, frutose e sacarose e na fração insolúvel, as de amido (Trethewey et al., 1998). No método enzimático, através da redução do  $NAD^+$  as amostras foram homogenizadas com tampão 0,2 mM Imidazol, 4 mM de  $NAD^+$ , 2mM de ATP e 2U de G6 PDH. Na quantificação de glicose foi adicionado 0,5 U de hexoquinase. Para frutose foram adicionadas 1U de fosfoglicose-isomerase e para sacarose 5U de invertase. Na determinação do amido foi adicionado 2U de amiloglicosidase. A leitura das amostras foi realizada em leitor ELIZA a 340 nm.



#### **4.4- Determinação dos teores de macro e micronutrientes foliares**

As análises de macronutrientes e micronutrientes das folhas e do solo ao final dos experimentos foram realizadas pelo Laboratório de FULLIN - Laboratório de Análise Agronômica, Ambiental e Preparo de Soluções Químicas, localizado no município de Linhares, ES.

Os teores dos nutrientes foliares foram determinados segundo metodologia descrita em Sarruge & Haag (1974) e Silva (1981). O nitrogênio total foi determinado pela digestão Microkjeldahl. Para a extração de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, S e Zn utilizou-se digestão nítrico-perclórica. A determinação do fósforo total foi feita por colorimetria (725 nm) e os demais elementos por EAA. Após digestão, o enxofre foi quantificado por determinação gravimétrica, que se baseia na precipitação do enxofre pelo cloreto de bário, na forma de sulfato de bário. A concentração foliar foi dividida pela concentração do sedimento para determinar o fator de concentração (FC) (cf. Salisbury & Ross 1992).

#### **4.5 - Estudo anatômico**

A análise anatômica foi realizada no Laboratório de Anatomia Vegetal do Setor de Botânica da UFES. Foram utilizadas folhas totalmente expandidas, localizadas no 4º nó, de cinco plantas do experimento controle e cinco plantas após 20 dias de reidratação. As amostras do terço mediano foliar foram fixadas em FAA 50 (Formaldeído, Ácido acético e Etanol) durante 48 horas (Johansen, 1940) e armazenadas em etanol a 70%. Posteriormente, o material foi desidratado em série etanólica crescente e incluído em historresina (Leica Histoiresin<sup>®</sup>).

Foram realizadas secções transversais de 8 µm de espessura em micrótomo rotativo, as quais foram coradas com Azul de Toluidina 0,05% (O'Brien et al. 1964), durante 3 minutos. As análises consistiram de 25 medições por repetição das espessuras do limbo, da epiderme em ambas as faces e do parênquima paliçádico e esponjoso. Foi determinada, também, a densidade estomática (estômatos/mm<sup>2</sup>) e o tamanho dos estômatos (diâmetro polar e diâmetro equatorial), por meio de impressão paradérmica

do terço mediano da superfície abaxial da lâmina foliar, com auxílio de super bonder. Todas as medições foram realizadas utilizando-se o software analisador de imagens TSview.

#### **4.6- Delineamento experimental e Análise estatística**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis repetições e esquema fatorial 2 x 5, representado por dois tratamentos hídricos (suspensão hídrica e reidratação) e cinco medidas (0, 20 e 30 dias de restrição e 20 e 30 dias após reidratação). Os valores das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey e Teste T em 1 e 5% de probabilidade utilizando-se o programa ASSISTAT (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas). Programa Assistat 7.5 beta (2008), UAEG-CTRN-UFCG, Campina Grande – PB.

## 5 - Resultados e Discussão

**5.1-Análise de crescimento:** Verificou-se prejuízo no crescimento das plantas de maracujazeiro durante o período de restrição hídrica. O crescimento do caule sob restrição hídrica foi inibido (Figura 1). A produção de massa seca total também foi alterada negativamente pela restrição hídrica (Figura 1) diferindo significativamente das plantas controle. Após a reidratação houve a retomada do crescimento e também acúmulo de massa seca (Figura 1). Aos 20 dias de suspensão hídrica, as plantas de maracujazeiro apresentaram diminuição tanto do número de folhas como na área foliar (Figura 1). Essa queda no número de folhas e da área foliar são descritos por diversos autores (Dias-Filho & Dawson, 1995, Gurevitch, 2009) em resposta à deficiência hídrica no solo. Isso ocorre em função da diminuição da taxa de transpiração, promovendo a uma economia de água.

Analizando a TAL, pode-se observar que em todos os períodos avaliados sob restrição hídrica houve uma queda significativa, chegando a valores negativos (Tabela 1). Isso evidencia perda na assimilação de carbono, já que a queda nesses valores representa menor eficiência da fotossíntese na produção de matéria seca (Benincasa, 2006). Posteriormente, ao estabelecer a reidratação do solo, os valores da TAL se igualaram ao controle. Com relação à TCR as plantas de maracujazeiro apresentaram, assim como na TAL, valores negativos aos 30 dias de restrição (Tabela 1). Esse comportamento era esperado já que havendo prejuízo na assimilação de CO<sub>2</sub> o crescimento é diretamente afetado. Assim, como observado na TAL, os valores da TCR se igualaram ao controle após o reestabelecimento de água.

TCR e TAL negativas também foram observados por Peixoto et al. (2006) em plantas de *Citrus* sob. A diminuição tanto da TAL quanto da TCR reflete que a restrição hídrica prolongada, possivelmente, afetou a turgescência foliar, já que com a falta de água no solo ocorre o fechamento da abertura estomática na tentativa de evitar a transpiração. Outra resposta é a diminuição da assimilação de CO<sub>2</sub> afetando o aparelho fotossintético e, conseqüentemente, o crescimento das plantas (Peixoto et al. 2006, Mariano et. al., 2009).

Os valores encontrados para a RAF (Figura 1) reforçam os resultados da TAL evidenciando prejuízo na razão entre a área foliar (onde acontece a interceptação luminosa) e a massa seca (resultado da fotossíntese). Assim, as plantas submetidas à restrição hídrica necessitaram de uma área fotossintetizante maior para a produção de 1 grama de massa seca.

Os valores encontrados MFE aos 20 dias de suspensão hídrica evidenciaram que a restrição hídrica causou a diminuição do acúmulo de matéria seca em função da área foliar (Figura 1). A perda da área foliar observada influenciou diretamente na MFE devido à diminuição da área fotossinteticamente ativa.

A R:PA evidenciou maior alocação de biomassa para a parte aérea aos 30 dias de restrição (Figura 1). Esse resultado foi reforçado ao se analisar a alocação de biomassa em cada período, tendo na parte aérea a maior alocação de biomassa desde o período de restrição hídrica até o período de reidratação das plantas (Figura 2).

Tanto os resultados de R:PA como da alocação de biomassa não eram esperados. Pois é relatado por diversos autores que plantas submetidas à deficiência hídrica acumulam fotoassimilados na raiz em função da paralisação do crescimento da parte aérea. Representando assim, uma tentativa de contornar a seca por meio do acréscimo da área de absorção no solo (Silva & Nogueira, 2008; Machado, 2004, Figueirôa et al., 2004). Podemos atribuir à restrição hídrica severa a perda de água nas partes subterrâneas, onde houve a redução a quase 5% da massa seca da raiz em relação ao total das plantas, impossibilitando o crescimento das raízes das plantas de maracujazeiro.

**5.2- Carboidratos:** Analisando a concentração de açúcares solúveis nota-se que aos 20 dias de restrição hídrica ocorreu a redução significativa da concentração de sacarose, frutose e glicose em relação ao controle (Tabela 2). Os açúcares solúveis podem apresentar aumento na sua concentração sob deficiência hídrica, agindo como sinalizador metabólico no ajustamento osmótico da célula ou na manutenção da integridade da membrana das células (Bray et al., 2000; Chaves et al, 2003; Azevedo Neto et al., 2004; Kerbaui, 2004). No entanto, sob perda elevada de água as concentrações de açúcar podem diminuir devido aos danos causados na assimilação de

carbono, já que em condições ambientais adversas a fotossíntese pode ser inibida ou reduzida. No presente experimento, as análises foram realizadas 20 dias após o início da restrição. É possível que a quantidade de açúcares possa ter aumentado nos primeiros dias de suspensão hídrica e que no período analisado os mesmos poderiam estar sendo consumidos em virtude do aumento da taxa de respiração celular (Pinheiro et al., 2001, Melo, 2007). . Aos 10 dias de redidratação do solo, observou-se elevação de todos os açúcares, indicando a retomada da produção de fotoassimilados pelas folhas.

O teor de amido foliar aos 20 dias de restrição foi 50% menor em relação ao controle indicando que houve degradação das reservas de carbono. Aos 10 dias após a reidratação, a concentração de amido encontrada foi três vezes maior do que no período anterior ao início da restrição (Tabela 2). Grise (2008) ao submeter cultivares de café ‘Siriema’ e ‘Catuaí’ a supressão hídrica observou que a partir do quarto dia de seca houve redução da concentração de amido foliar. A diminuição do amido evidencia uma possível redução na síntese ou interconversão do amido em outros carboidratos. Esses açúcares agem como osmorreguladores no processo de estabilização de proteínas e membranas em ambientes desfavoráveis, como a restrição hídrica, aumentando tolerância ao estresse (Zrener & Stitt 1991; Moraes et al., 2002; Cuzzuol & Clippel, 2009). Avaliando a queda na concentração tanto do amido como dos açúcares solúveis totais, Melo (2007) atribuiu esse comportamento à tentativa da manutenção da sobrevivência de plantas forrageira (*Setaria ancep*) submetidas à suspensão hídrica.

**5.3-Nutrientes:** As plantas têm seu crescimento limitado quando são expostas à deficiência nutricional. O estado nutricional da planta pode ser avaliado pela diagnose foliar quantificando-se os macro e micronutrientes essenciais para o crescimento (Antunes & Rasseira, 2004; Malavolta, 2006). A produtividade do maracujazeiro é dependente de um suprimento adequado de nutrientes. A deficiência nutricional pode afetar diretamente o crescimento e acúmulo de massa seca (Batista et al. 2003; Brasil

& Nascimento, 2009). No resultado da análise foliar, tanto as plantas controle quanto as plantas submetidas à restrição hídrica, apresentaram concentrações foliares de macro e micronutrientes de acordo com o padrão indicado para o cultivo do maracujazeiro (Incaper, 2009). Apesar da restrição hídrica, a absorção de nutrientes não foi prejudicada, destacando a capacidade do maracujá em manter a concentração de nutrientes em curtos períodos de deficiência hídrica. Assim, pode-se atribuir a restrição hídrica os resultados desfavoráveis ao crescimento observados nas plantas.

**5.4-Anatomia:** As folhas de maracujá-azedo emitidas, após 20 dias de reidratação, mostraram menores valores de espessura do parênquima paliçádico e esponjoso e maior espessura da epiderme das faces adaxial e abaxial, quando comparadas ao controle (Figura 3). Contudo, não foi observada variação significativa quanto à espessura total do limbo entre as folhas das plantas controle e após reidratação.

O parênquima paliçádico está diretamente relacionado com a fotossíntese, pois é nesse tecido onde ocorre a fixação de CO<sub>2</sub>. Já o parênquima esponjoso proporciona uniformidade na absorção luminosa na folha (Taiz & Zeiger, 2004; Castro et al., 2009). Sendo assim, a diminuição da espessura encontrada em ambos os tecidos pode remeter que houve prejuízos na assimilação de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, no crescimento da planta dependente da produção de fotoassimilados.

A densidade estomática de folhas de plantas controle e folhas emitidas após reidratação não variou significativamente (Tabela 4). Esse resultado também foi observado por Melo (2007) em plantas arbóreas de *Setaria anceps* submetidas à suspensão de água e, por Cabral (2004) em plantas de *Tabebuia aurea*. Sabe-se que o aumento da densidade estomática é responsável pela diminuição da transpiração na folha, pois a proximidade dos estômatos cria um arco de transpiração mais próximo e retém maior umidade (Larcher, 2004). Esse aumento é causado pela diminuição da expansão celular das células-guardas e a aproximação dos estômatos causada pela baixa turgescência das células na ausência de água (Machado 2004). Acredita-se que, apesar de não ter sido o resultado observado no experimento com maracujá, a diminuição do tamanho do estômato encontrado em plantas submetidas ao estresse sugere uma alteração na morfologia da folha na tentativa de diminuir a transpiração.

Foi constatado que após 20 dias de reidratação, as plantas de maracujá-azedo apresentaram folhas com estômatos menores, se comparado as plantas controle. Em contrapartida, o tamanho dos estômatos nas folhas de maracujá submetidas à apresentou redução significativa ao compará-las às folhas controle (Figura 4). Essa afirmativa é baseada nos valores reduzidos do diâmetro polar e equatorial dos estômatos (Tabela 4) evidenciando uma tentativa de otimizar a eficiência da utilização da água e condicionando assim uma menor perda de água por transpiração (Melo et al., 2007; Pares-Martínez et al., 2004, Castro et al., 2009).

## 6. CONCLUSÕES

- ❖ A suspensão hídrica causou alterações fisiológicas e morfológicas observadas em plantas de maracujazeiro evidenciando a ocorrência de danos no crescimento das plantas;
- ❖ O sistema radicular se mostrou sensível a suspensão hídrica havendo reduções na biomassa total desse órgão, indicando menor capacidade de otimizar a absorção de água;
- ❖ A diminuição do diâmetro dos estômatos evidencia a plasticidade do maracujá em tentar diminuir a perda de água por transpiração;
- ❖ O restabelecimento da oferta de água proporcionou a retomada do crescimento e da concentração de açúcares solúveis permitindo afirmar que as plantas de maracujazeiro possuem plasticidade para contornar curtos intervalos de suspensão de água no solo.



## 7.REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.M.B.; ANDRADE, A.B. **Características físico-químicas do maracujá amarelo produzido em diferentes épocas em Murumbi-PR.** Arq. Apadec, 8 (supl.): Maio, 2004 ISSN 14147149.

ANTUNES, L.E.C; RASSEIRA, C.B.R Aspectos Técnicos da Cultura da Amora-preta. Pelotas. **Embrapa.** 2004, p. 1-51. (Documento técnico, 122).

AZEVEDO NETO, A.D. et al. Effects of salinity on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n.1, p.31-38, 2004.

BATISTA, L.A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010.

BATISTA. A.M.F., VIEGAS. I.de J.M.; FRAZÃO. D.A.C.; THOMAZ. M.,A. SILVA, R. de C. L. Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas De deficiências nutricionais e na composição mineral em Graviroleiras (*Annona muricata*). **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 2, p. 315-318, 2003.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas).** Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BRASIL, E.C.; NASCIMENTO, E.V.S. Influência de calcário e fósforo no Desenvolvimento e produção de Variedades de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 3, p. 892-902, 2010.

BRAY EA, BAILEY-SERRES J, WERETILNYK E. Responses to abiotic stresses. In: Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL (eds). **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**, ASPP, Rockville, p.1158-1203, 2000.

CABRAL, E.L., BARBOSA, D.C.A., SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia áurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta botania Brasília**, v.18, n.2, 241-251. 2004.

CALBO, M. E. R. & MORAES, J. A. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açai). **Revista Brasileira Botânica**, v. 23, p. 225-230, 2000.

CARVALHO, A. J. C. de, MARTINS, D. P., MONNERAT, P. H.; BERNARDO, S. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo. I. Produtividade e qualidade dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1101-1108, 2000.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: Estrutura e Função de órgãos Vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de fruteiras tropicais**. São Paulo: Nobel, 1998. 111p.

CAVICHIOLO, J. C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C. A. Florescimento e frutificação do maracujazeiro-amarelo submetido à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 649-656, 2008.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany** , v. 42, p. 1-16. 1991.

CHAVES, M.M., MAROCO J.P., PEREIRA, J.S. Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v. 30, p. 239–264. 2003.

COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S. Pólo de maracujazeiro no estado do Espírito Santo: importância socioeconômica e potencialidades. In: COSTA, A. F. S.; COSTA, A. N. da. **Tecnologias para produção do maracujá**. Vitória: Incaper, 2005. 205p.

CUZZUOL, R.F. & CLIPPEL, J.K. Aspectos ecofisiológicos de *Sinningia speciosa* em condições de campo. **Hoeheia**, v. 36, p. 73-81, 2009.

DIAS-FILHO, M.B. Physiological responses of two tropical weeds to shade: II. Leaf gas exchange and nitrogen content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.953-961, 1999.

DICKISON, W.C. **Integrative Plant Anatomy**. USA, Academic Press. 2000. 533p.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Miracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**, v.18, n.3, p.573-580, 2004.

GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café ‘catuaí’ e ‘sirriema’ submetidas ao estresse hídrico. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, 2008.

GURECITH J., SCHEINER S.M., FOX, G.A. **Ecologia Vegetal**. Artmed, 2009. 592p.

GUERRITS, P.O. The application of glycol metacrylate histotechnology: some fundamental principles. **Leica Gmnh**, 1964.

HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London: Edward Arnold Publishers, 1982.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . Produção Agrícola Estados, 2009. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rr&tema=lavourapermanente2009>. Acessado em 28 de Novembro de 2010.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara. 2004. 452p.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. 3 ed. N. York. Paul B. Hoeber, Inc. 790. 1940.

LAMBERS, J., CHAPIN, F.S. & PONS, T.L. **Plant Physiological Ecology**. Springer-Verlag, New York. 1998.

LARCHER, L. **Ecofisiologia Vegetal**. Rima, São Carlos. 2004. 531p.

LAWLOR, D.W. & LEACH, J. E. Leaf growth and water deficits: Biochemistry in relation to biophysics. *In* Society for Experimental Biology (R.N. Baker, W. J. Davies & C. K. Ong, eds.). **Seminar Series**, 27. Cambridge University Press, Cambridge, p.267-294, 1985.

LEITE, F. V. A. **Respostas fisiológicas do cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) ao déficit hídrico**. 2003. 73f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

LOPES, S. C. Citogenética do maracujá, *Passiflora* spp. *In*: **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, p. 19-23. 1994.

MACHADO, A.V. **Efeitos do estresse hídrico em plantas jovens de *Hedyosmum brasiliense* Mart (Choranthaceae)**. 2004. 59f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Ceres. 2006. 638 p.

MARIANO, K.R.; BARRETO, L. S.; SILVA, A.H.B.; NEIVA, G.K.P. & AMORIM, S. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* fr. all. submetida ao déficit hídrico. **Revista Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.22, n.1, p.72-77, 2009.

MARTINS, D. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio**. Campos

dos Goytacases, UENF. 84f. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1998.

MELETTI, L. M. M. Maracujá-amarelo: cultivares IAC conquistam a preferência nacional. **O Agrônomo**, Campinas, v. 53, n. 2, 2001.

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; PASSOS, I. R. da S. Melhoramento genético do maracujá: passado e futuro. **Planaltina: EMBAPA, Cerrados**, p.55-78. 2005.

MELETTI, L. M. M.; MAIA, M. L. **Maracujá: produção e comercialização**. Boletim Técnico do Instituto **O Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 181, p. 2-26, 1999.

MELO, H. C. , CASTRO, M.E.,SOARES,A.M., MELO,L.A., ALVES, J.D. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. **Hoehnea**, v.34, n. 2, p. 145-153, 2007.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R.; DOWLING, A. J. Water relations in passion fruit: effect of moisture stress on growth, flowering and nutrient uptake. **Scientia Horticulturae**,Amsterdam, v.29, p.239-49, 1986.

MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. de M. (Ed.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. 410 p.

MORAES, M.G., SOUZA, A., PESSONI, R.A.B. & FIGUEIREDO- RIBEIRO, R.C.L. Soluble carbohydrate similarities between *Echinolaena infl exa* and *Melinis minutifl ora* (Poaceae). **Hoehnea**, v. 29, p. 151-158. 2002.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, SALQ/USP, 1974. 56p.

SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4. ed. California: Wadsworth, 1992, 682p.

**SEAG**. Fruticultura gera emprego e renda no Espírito Santo. **SEAG**, Vitória, 19 de maio. 2010. Disponível em: <[http://www.incaper.es.gov.br/index.php?a=noticias/2010/abril/noticias\\_19\\_04\\_2010\\_2](http://www.incaper.es.gov.br/index.php?a=noticias/2010/abril/noticias_19_04_2010_2)>. Acesso em 02 de novembro de 2010.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v.50, n.288, p.203-217, 2003.

SILVA, M.A.V. NOGUEIRA, R.J.M.C., OLIVEIRA, A.F., SANTOS, V.F. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.335-344, 2008.

SHARMA, S., VIRDI, P., GAMBHIR, S. & MUNSHI, S.K. Changes in soluble sugar content and antioxidant enzymes in soybean seeds stored under different storage conditions. **Indian Journal of Agricultural and Biochemistry**, v.18, p.9-12, 2005.

SOUZA, J. S. I.; MELETTI, L. M. M. **Maracujá: espécies, variedades, cultivo**. Piracicaba: FEALQ, 1997.

SOUSA, V. F de; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. de L.; ELOI, W. M. Produtividade do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio via fertirrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.4, p.497-504, 2003.

SOUZA, M. do S. M de. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do maracujá em duas tensões da água no solo**. 2005. 94 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PEIXOTO, C.P.; CERQUEIRA, E.C.; SOARES FILHO, W.S.; CASTRO NETO, M.T.; LEDO, C.A.S.; MATOS, F.S. OLIVEIRA, J.G. Análise de crescimento de

diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 3, p. 439-443, 2006.

PARÉS-MARTÍNEZ, J. et al. Características de los estomas, densidad e índice estomático y su variación en función a la injertación en *Annona muricata* L. y *A. Montana* Madfac. **Bioagro**, v.16, n.3, p. 213-218, 2004.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

PINHEIRO C., CHAVES, M.M. Alterations in carbon and nitrogen metabolism induced by water deficit in the stems and leaves of *Lupinus albus* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, p. 1063–1070, 2001.

POORTER, L. Growth responses of fifteen rain forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, v. 13, p. 396-410, 1999.

Taiz, L., Zeiger, E., **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre – Rs: Artmed, 2004. 719p.

TEIXEIRA, C. G.; CASTRO, J. V. de; TOCCHINI, R. P.; NISIDA, A. L. A. C.; TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p.175-190, 1986.

TRETHEWEY, R.N.; GEIGENBERGER, P.; RIEDEL, K.; HAJIREZAEI, M.R.; SONNEWALD, U.; STITT, M.; RIESMEIER, J. W.; WILLMITZER, L. Combined expression of glucokinase and invertase in potato tubers leads to a dramatic reduction in starch accumulation and a stimulation of glycolysis. **The Plant Journal**, v.15, p.109-118, 1998.

ZRENNER, R. & STITT, M. Comparison of the effect of rapidly and gradually developing water stress on carbohydrate metabolism in spinach leaves. **Plant Cell and Environment**, v.14, p. 939-346. 1991.

VANDERPLANK, J. **Passion flowers**. Cambridge Press, MIT, 1996. 224 p.

VASCONCELOS, D.V. **Manejo de água e potássio por fertirrigação no maracujazeiro amarelo em alvorada do gurguéia, Piauí**. 2007. 67p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.



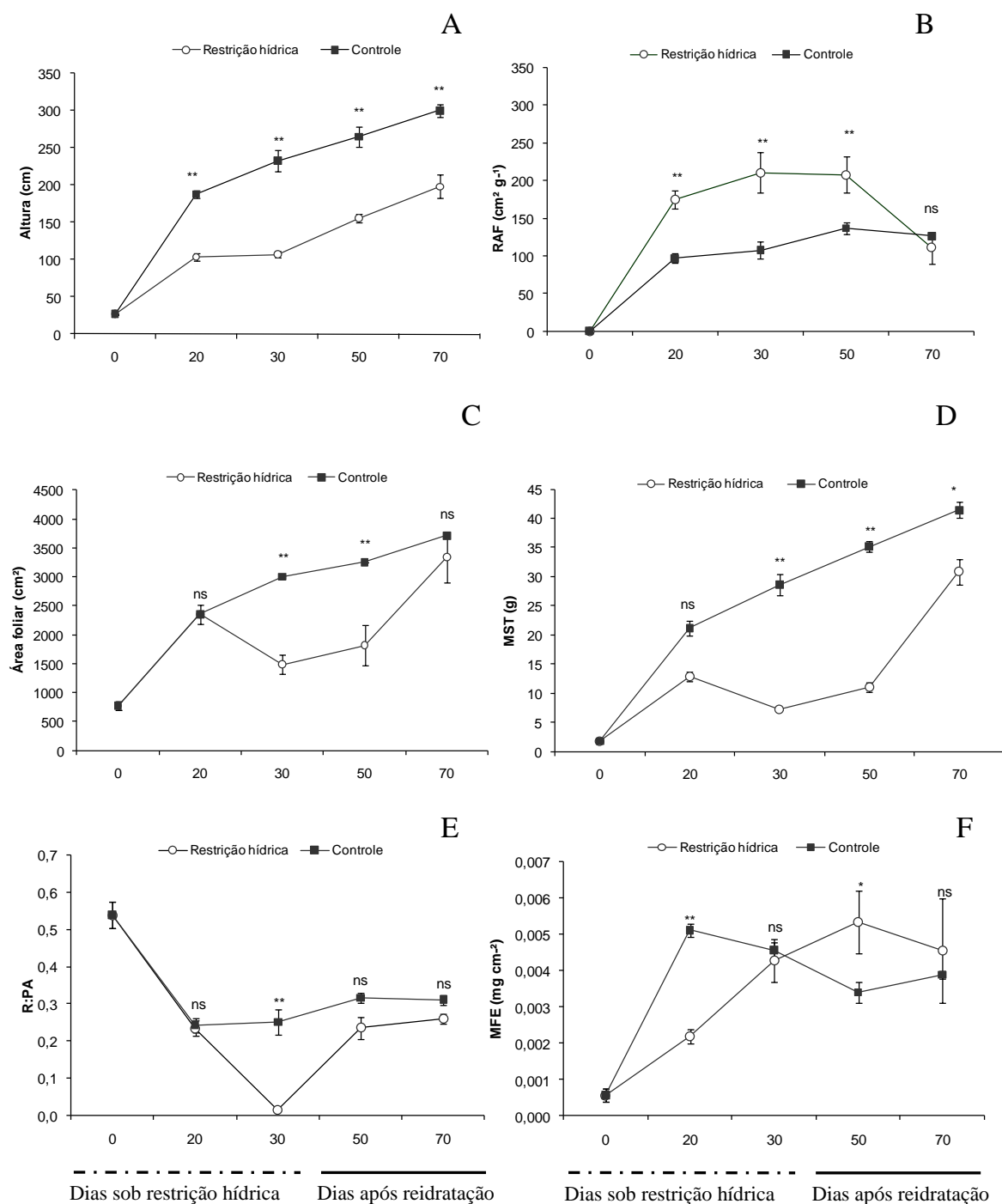


Figura 1: Avaliações do crescimento de plantas de maracujazeiro submetidas à restrição hídrica. Área foliar (A), altura (B), massa seca total – MST (C), razão área foliar – RAF (D), razão raiz: parte área – R:PA (E) e massa foliar específica (F). As barras verticais representam o erro padrão (n=6) e diferenças significativas entre os tratamentos ao nível de \*P=5%, \*\*P=1%.

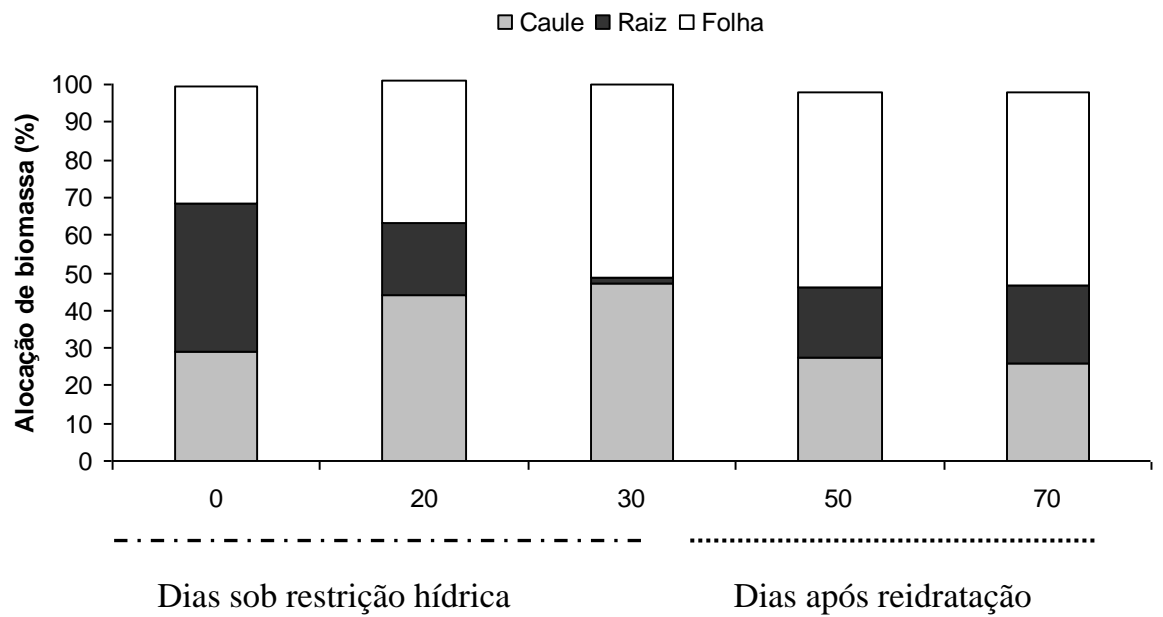


Figura 2: Alocação de biomassa do caule, raiz e folhas de plantas de maracujazeiro sob restrição hídrica e na reidratação.

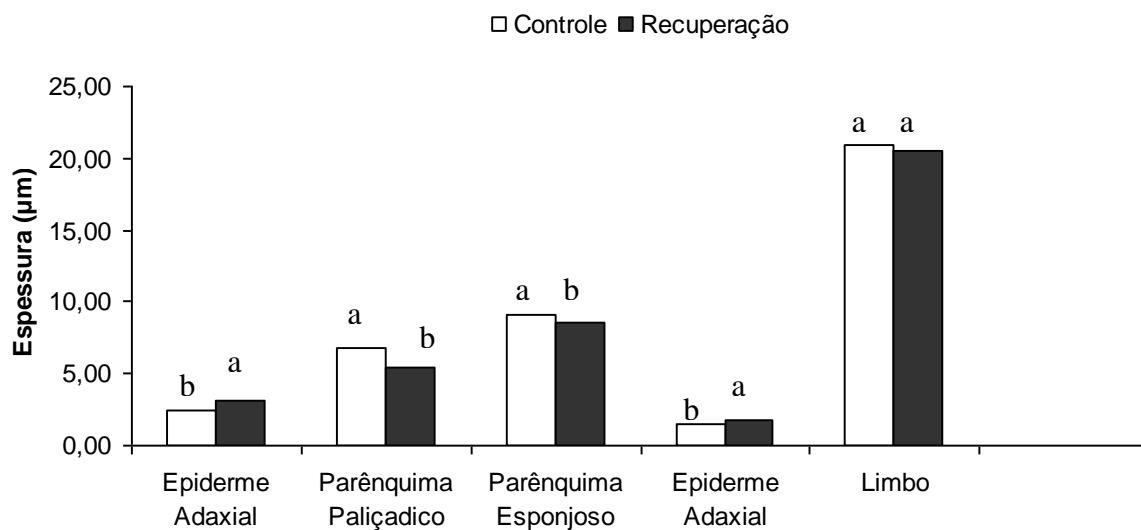
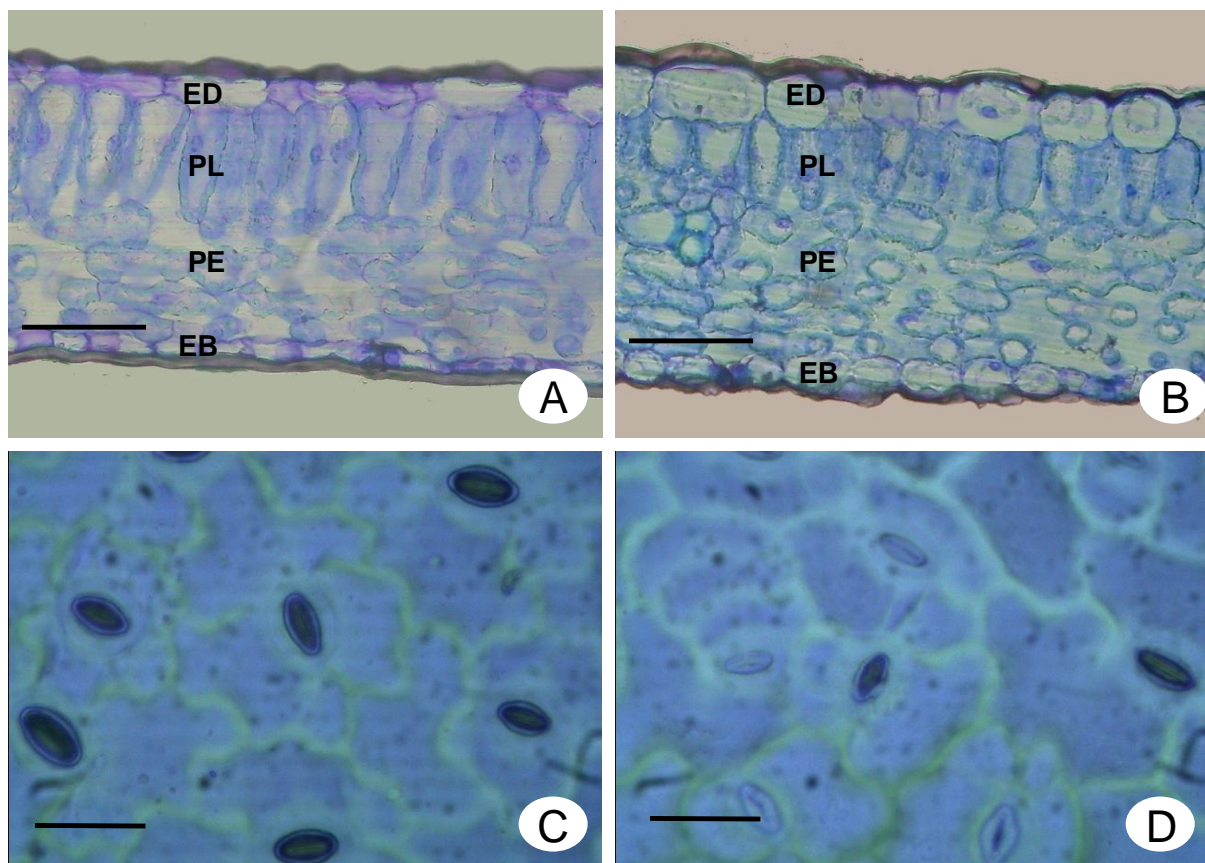


Figura 3: Espessura dos tecidos da lâmina foliar de plantas de maracujazeiro controle e após 20 dias de reidratação. As médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de T a 5% de probabilidade.



**F**igura 4: Fotomicrografias da lâmina foliar de plantas de maracujazeiro controle (A e C) e após a reidratação (B e D). A-B. Secções transversais (Barras: 50  $\mu\text{m}$ ). C-D. Vista paradérmica, mostrando estômatos (Barras: 45  $\mu\text{m}$ ). (ED = epiderme face adaxial; EB = epiderme face abaxial; PE = parênquima esponjoso; PL = parênquima paliçádico)

Tabela 1: Efeito da restrição hídrica e reidratação na taxa de crescimento relativo (TCR) e na taxa assimilatória líquida (TAL) em plantas de maracujazeiro.

Período (dias)	TCR (mg.g.dia <sup>-1</sup> )		TAL (mg.cm <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	
	Controle	Restrição hídrica	Controle	Restrição hídrica
0-20 (restrição hídrica)	125 a	101 b	1,88 a	0,85 b
20-30 (restrição hídrica)	22 a	-6,62 b	2,19 a	-0,93 b
30-50 (reidratação)	72 a	49,78 b	0,92 a	0,42 b
50-60 (reidratação)	87 a	34,75 b	0,72 a	0,35 b

As médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Tabela 2: Valores médios dos açúcares solúveis avaliados em folhas das plantas de maracujazeiro em condições: controle, submetidas a 20 dias de restrição hídrica e após 20 dias de reidratação.

<b>Características (mmol kg MS<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tratamentos</b>		
	<b>Controle</b>	<b>Restrição Hídrica</b>	<b>Reidratação</b>
Sacarose	257 ab	159 b	328 a
Frutose	137 b	156 ab	221 a
Glicose	142 b	129 b	620 a
Amido	6 b	3 b	34 a

Médias seguidas de mesma letra, entre tratamentos e entre o mesmo órgão, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Tabela 3: Valores de macronutrientes ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg.Kg}^{-1}$ ) em folhas de plantas jovens de maracujazeiro, aos 30 dias de restrição hídrica.

Nutrientes	Controle	Restrição hídrica	Nutrientes	Controle	Restrição hídrica
(g.kg)			(mg.kg)		
N	50	53	B	21	27
P	3	3	Cu	4	4
K	38	28	Fe	346	355
Ca	20	14	Mn	185	136
Mg	4	3	Zn	47	49
S	3	4	-	-	-

Tabela 4: Densidade estomática, diâmetro polar e diâmetro equatorial dos estômatos em folhas de plantas de maracujá controle e após 20 dias de reidratação.

Medidas dos estômatos	Controle	Reidratação
Densidade estomática (estômatos/mm <sup>2</sup> )	62 a	59 a
Diâmetro polar (µm)	51 a	23 b
Diâmetro equatorial (µm)	95 a	52 b

Médias seguidas de mesma letra, entre tratamentos e entre o mesmo órgão, não diferem entre si pelo teste de T ( $P \leq 0,05$ ).